

ЦІНОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

Анотація

Постійна загроза виникнення кризи з поставками нафти і газу, ризики, пов'язані з розвитком ядерної енергетики, і стурбованість сучасного суспільства проблемами навколишнього середовища зумовили виникнення сучасної енергетичної політики, яка націлена на те, щоб протягом кількох наступних десятиліть була сформована відновлювальна енергетична система, що базується на відновлюваних джерелах енергії. В статті систематизовано основні складові практики економічного регулювання розвитку відновлювальних джерел у розвинених країнах, що дозволяє глибше вивчити основні проблеми та перспективи відновлюваної енергетики, а також створити цілісну картину її регулювання. Визначено основні тенденції ефективності розробок і впровадження відновлювальних джерел енергії та їх перспективи на основі техніко-економічних показників.

Ключові слова: альтернативна енергетика, енергоресурси, відновлювальні джерела, біоенергія, сонячна енергія, геотермальна енергія, гідроенергія, електроенергія.

И.А. Клопов, к.э.н.,

Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье

ЦЕНОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСТОЧНИКОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация

Постоянная угроза возникновения кризиса с поставками нефти и газа, риски, связанные с развитием ядерной энергетики, и обеспокоенность современного общества проблемами окружающей среды обусловили возникновение современной энергетической политики, которая нацелена на то, чтобы в течение нескольких следующих десятилетий была сформирована возобновляемая энергетическая система, базирующаяся на возобновляемых источниках энергии. В статье систематизированы основные составляющие практики экономического регулирования развития возобновляемых источников в развитых странах, что позволяет глубже изучить основные проблемы и перспективы возобновляемой энергетики, а также создать целостную картину ее регулирования. Определены основные тенденции эффективности разработок и внедрения возобновляемых источников энергии и их перспективы на основе технико-экономических показателей.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, энергоресурсы, возобновляемые источники, биоэнергия, солнечная энергия, геотермальна энергия, гидроенергия, електроенергия.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Сьогодні важливою особливістю розвитку світового господарства є вирішення питань енергобезпеки та енергоефективності, у зв'язку з чим особливі надії покладаються на виробництво енергії за допомогою поновлюваних

природних джерел – сонячного світла, вітру, води, теплової енергії, земних надр.

До останнього часу в розвитку енергетики простежувалася чітка закономірність: розвиток отримували ті напрямки енергетики, які забезпечували досить швидкий прямий економічний ефект. В даний час розвиток відновлюваної енергетики поступово переходить з експериментальної діяльності в комерційну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш вагомими дослідженнями, в яких розглядаються проблеми формування ринку відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), а також доводиться необхідність інвестування коштів у виробництво альтернативних видів палива, є праці М. В. Дакалова [1; 2], П. С. Канигіна [3], С. А. Кунгаса [4], Б. Г. Ніколаєва [5], О. М. Суходолі [6], Б. В. Лукутіна [7], А. І. Шевцова [6; 8]. В даний час опубліковано достатню кількість досліджень відновлюваної енергетики з точки зору технічних і екологічних аспектів. Проте недостатньо досліджень, які розкривають тенденції та особливості відновлюваної енергетики з позиції економіки. Ступінь вивченості обраної теми в такій її постановці залишається. При наявності досліджень з окремих видів ВДЕ (які, до того ж, присвячені, в основному, їх технічним характеристикам) є вкрай мало робіт, які б аналізували феномен ВДЕ в сукупності і в ієрархії техніко-економічних можливостей їх освоєння у прив'язці до часу. Статистика ВДЕ залишається неповною і різномірною за набором показників і методиками їх обчислення.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У зв'язку з цим актуальності набувають дослідження, спрямовані на системне вивчення, узагальнення та критичне переосмислення сформованої практики використання ВДЕ з позиції зарубіжного досвіду економічного стимулювання впровадження ВДЕ та їх конкуренції на світових енергетичних ринках.

Формування цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є визначення та аналіз економічних тенденцій розвитку ВДЕ. Відповідно до сформульованої мети було поставлено і вирішено наступне завдання: визначити основні тенденції ефективності розробок і впровадження ВДЕ та їх перспектив на основі техніко-економічних показників.

Виклад основного матеріалу. Вибір енергетично та економічно ефективних варіантів енергопостачання з безлічі традиційних і відновлюваних джерел енергії є досить важким завданням і неоднозначним щодо можливих варіантів його практичного вирішення. При виборі оптимальних варіантів енергопостачання необхідно спиратися

на систему об'єктивних кількісних критеріїв, які максимально точно відображають порівняльну енергетичну й економічну ефективність можливих енергоджерел-кандидатів.

Кількість факторів, що визначають енергетичну й економічну ефективність енергоджерела, налічує понад два десятки і відрізняється для ВДЕ різних типів, що значно ускладнює в методичному плані аналіз і техніко-економічне обґрунтування ефективності ВДЕ, особливо з урахуванням сучасної соціально-економічної специфіки та різноманіття природно-кліматичних умов країн [5].

Набір критеріїв і факторів енергетичної та економічної ефективності відновлювальних і традиційних джерел енергії, найбільш показових для порівняння ефективності різних ВДЕ між собою і з традиційними енергоджерелами, включає:

- інвестиційні витрати (в €/кВт);
- витрати на експлуатацію (€/кВт×год);
- термін служби;
- потужність.

Сучасна енергетика характеризується стійким зростанням питомих капітальних витрат у традиційній енергетиці та їх зменшенням для ВДЕ [5].

Найпоширенішими технологіями в сфері ВДЕ є станції/установки на базі ВДЕ для виробництва електроенергії.

У таблиці 1 наведено основні техніко-економічні показники біоустановок для виробництва електроенергії в 2009 році.

Як видно, витрати на біогазові установки коливалися від 1350 €/кВт до 4525 €/кВт. Вартість установок на газі з органічних відходів найнижча (1350 €/кВт-2100 €/кВт), а біогазові сільськогосподарські установки є найбільш витратними в даній категорії.

Витрати ж середніх і великих установок з переробки біомас змінилися ненабагато і в даний час знаходяться в діапазоні від 2225 €/кВт до 2995 €/кВт. Інвестиції в установки комбінованого виробництва електроенергії з тепла і біомаси (ТЕС на біомасі) як правило варіюються в більшому діапазоні (2600 €/кВт - 4375 €/кВт) у зв'язку з їх невеликими розмірами.

Серед усіх біоустановок з виробництва електроенергії найвищі інвестиційні витрати припадають на установки з виробництва енергії за допомогою спалювання відходів - від 5500 €/кВт до 7125 €/кВт. У свою чергу установки з виробництва енергії за допомогою спалювання відходів з комбінованим виробництвом тепла та електроенергії на 5% дорожче [1; 2].

Таблиця 1

**Основні техніко-економічні показники біоустановок
для виробництва електроенергії***

Вид	Характеристика	Інвестиційні витрати (€/кВт)	Витрати на експлуатацію (€/кВт·год)	Термін служби (в середньому) (роки)	Потужність (МВт)
Біогаз	Біогазові с/г установки	2550-4290	115-140	25	0,1-0,5
	Біогазові с/г установки – КТЕ**	2765-4525	120-145	25	0,1-0,5
	Установки на газі з органічних відходів	1350-1950	50-80	25	0,75-8
	Установки на газі з органічних відходів – КТЕ	1500 -2100	55-85	25	0,75-8
	Установки на біологічному газі	2300 – 3400	115 – 165	25	0,1-0,6
	Установки на біологічному газі – КТЕ	2400 – 3550	125 – 175	25	0,1-0,6
Біомаса	Установки на біологічному газі	2225 – 2995	84 – 146	30	1-25
	Станції на біомасі	2600 – 4375	86 – 176	30	1-25
Біовідходи	Установки з виробництва енергії за допомогою спалювання відходів	5500 – 7125	145 – 249	30	2-50
	Установки з виробництва енергії за допомогою спалювання відходів – КТЕ	5800 – 7425	172 – 258	30	2 – 50

*Джерело: [10, с.13]

** Комбіноване виробництво тепла та електроенергії – КТЕ

Геотермальні проекти зазвичай характеризуються високими первинними інвестиційними витратами, викликаними необхідністю буріння свердловин та будівництва енергоустановок, а також відносно низькими експлуатаційними витратами. Оскільки витрати змінюються залежно від проекту, типу енергоустановок, що використовують геотермальні ресурси, часто є конкурентоспроможною на сьогоднішніх ринках енергії; те ж саме може бути сказано про пряме використання геотермального тепла. Вдосконалені геотермальні системи (ВГС), як і раніше, знаходяться на демонстраційному етапі, однак оцінки вартості ВГС є більш високими порівняно з витратами на гідротермальні резервуари.

Інвестиційні витрати на типовий проект отримання геотермальної електроенергії включають:

а) пошуково-розвідувальні роботи і доказ наявності ресурсів (10-15% загальної вартості);

б) буріння виробничих свердловин і свердловин закачки (20-35% загальної вартості);

в) наземне обладнання та інфраструктура (10-20% загальної вартості);

г) енергоустановки (40-81% загальної вартості) [9].

Інвестиційні витрати на геотермальні електростанції (таблиця 2) складають від 2575 €/кВт до 6750 €/кВт.

Таблиця 2

Основні техніко-економічні показники геотермальних електростанцій і ГЕС*

Вид	Характеристика	Інвестиційні витрати (€/кВт)	Витрати на експлуатацію (€/кВт·год)	Термін служби (в середньому) (роки)	Потужність (МВт)
Великі ГЕС	Великі установки	850–3650	35	50	250
	Середні установки	1125–4875	35	50	75
	Малі установки	1450–5750	35	50	20
Малі ГЕС	Великі установки	975–1600	40	50	9,5
	Середні установки	1275–5025	40	50	2
	Малі установки	1550–6050	40	50	0,25
Геотермальна енергія	Геотермальна електростанція	2575–6750	113–185	30	5–50

*Джерело: [10, с.13]

У літературі є відносно мало інформації про історичні тенденції, що пов'язані з витратами на гідроелектроенергію. Однією з причин цього, крім того факту, що витрати на проект значною мірою залежать від конкретного місця, може бути складна вартісна структура для гідроелектростанцій, при якій деякі компоненти можуть характеризуватися зменшуваними ціновими тенденціями (наприклад, витрати на проходження тунелю), у той час як інші витрати можуть характеризуватися збільшуваними ціновими тенденціями (витрати на пом'якшення соціальних та екологічних наслідків).

Розглядаючи інвестиційні витрати на гідроелектростанції, слід розрізняти великі і малі ГЕС. Найменші капітальні витрати, як правило, припадають на великі ГЕС. Необхідно відзначити, що витрати залежать не тільки від їх масштабу, але також від особливих умов місцевості та вимог, яким вони повинні відповідати, наприклад, національним (місцевим) екологічним стандартам і т.д. Це призводить до порівняно широкого діапазону цін від 850 €/кВт до 5750 €/кВт для нових великих ГЕС і від 975 €/кВт до 6050 €/кВт для малих гідроелектростанцій [1; 2].

Хоча вартість сонячної енергії змінюється в широких межах залежно від технології, застосування, місця розташування та інших чинників, вартісні показники були значно знижені за останні 30 років, а технічні досягнення і державні заходи підтримки створюють можливості для додаткового зниження цін. Інтенсивність постійної інновації істотно впливає на рівень використання сонячної енергії [9].

За останні 30 років ціни на фотоелементи (ФЕ) знизилися більш ніж в 10 разів; в той же час поточна нормована вартість електроенергії (НСЕ), одержуваної за допомогою ФЕ, все ще в цілому перевищує оптові ринкові ціни на електроенергію. У деяких областях застосування системи ФЕ вже є конкурентоспроможним з іншими місцевими альтернативними варіантами (наприклад, електропостачання в деяких сільських районах країн, що розвиваються) [4].

Як видно з таблиці 3, в 2009 році вартість фотоелектричних батарей коливалася від 2950 €/кВт до 4750 €/кВт. Даний діапазон був досягнутий завдяки значному зниженню вартості в 2008 і 2009 роках [1; 2].

Незважаючи на значне зниження вартості вітрової енергії з 1980-х років, в даний час потрібно прийняття політичних заходів для забезпечення швидких темпів освоєння цієї енергії в більшості регіонів світу. При цьому в деяких районах зі значними вітровими ресурсами вартість вітрової енергії може конкурувати з нинішніми ринковими цінами на енергію навіть без урахування відносних екологічних наслідків. Крім того, очікується постійний прогрес у сфері технологій, який сприятиме подальшому зниженню витрат. Нормована вартість енергії, виробленої наземними і морськими вітроенергетичними установками, залежить від п'яти основних чинників: щорічне виробництво енергії; капітальні витрати; витрати на експлуатацію; видатки на фінансування; передбачувані терміни служби енергоустановок. З 1980-х років до приблизно 2004 року спостерігалася зниження капітальних витрат на наземні енергоустановки. З 2004 по 2009 роки капітальні витрати зросли, і головною причиною цього стали наступні фактори: різке зростання вартості робочої сили і вихідних матеріалів; збільшення різниці між ціною виготовлювачів турбін та ціною їх постачальників; міцна позиція євровалюти та збільшення розміру роторів турбін, висоти опор.

Вартість наземних вітроелектростанцій в діапазоні від 1125 €/кВт до 1525 €/кВт. Довгий час розвиток вітряних двигунів характеризувався двома тенденціями: у той час як номінальна потужність нових двигунів збільшувалася, відповідні капітальні витрати за кВт знижувалися. Збільшення потужності було головним чином досягнуто за рахунок розширення висоти башти і розміру ротора. Найбільші вітряні турбіни в

даний час мають потужність 5-6 МВт і йдуть з ротором діаметром до 126 метрів.

Таблиця 3

Основні техніко-економічні показники інших установок / станцій з виробництва електроенергії*

Вид	Характеристика	Інвестиційні витрати (€/кВт)	Витрати на експлуатацію (€/кВтхгод)	Термін служби (в середньому) (роки)	Потужність (МВт)
Фотоелектричні батареї	Фотоелектричні установки	2950-4750	30-42	25	0,005-0,05
Сонячне теплове електрику	Сонячна електростанція	3600-5025	150-200	30	2-50
Приливна енергія	Приливна електростанція	5650-8000	145-160	25	0,5-2
Енергія хвиль	Хвильова енергетична установка	4750-7500	140-155	25	0,5-2
Наземна вітроенергетика	Наземна вітроенергетична установка	1125-1525	35-45	25	2
Морська вітроенергетика	Морська вітроенергетична установка	2450-3500	90-120	25	5

*Джерело: [10, с.13]

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Нормована вартість енергії для багатьох технологій ВДЕ в даний час вище існуючих цін на енергію з традиційних джерел, хоча в деяких випадках ВДЕ вже є економічно конкурентоспроможними. Діапазони нормованої вартості енергії для окремо взятих комерційно доступних технологій ВДЕ широкі, залежать від низки факторів, включаючи технологічні характеристики, регіональні коливання вартості і продуктивності, а також різні пільгові тарифи. Вартість більшості технологій ВДЕ знизилася, і очікувані нові технічні досягнення спричинять подальше зниження їх вартості. За останні десятиліття відбувся значний прогрес у сфері розвитку технологій ВДЕ і пов'язане з ним довгострокове зниження вартості, хоча спостерігалися і періоди підвищення цін (внаслідок, наприклад, перевищення попиту на ВДЕ над наявною пропозицією).

Очікується подальше зниження вартості, що веде до підвищення рівня потенційного застосування технологій і, отже, до пом'якшення впливів на зміну клімату. Прикладами важливих сфер потенційного технологічного прогресу є: нові і вдосконалені системи виробництва і постачання

сировини, біопаливо, отримане з використанням нових процесів; передові технології та процеси виробництва фотоелементів; вдосконалені геотермальні системи. З'являються різноманітні технології використання енергії океану, а також конструкції підстав та турбіни для прибережної вітроенергетики.

Список використаних джерел:

1. Дакалов М. В. Программы ЕС по развитию возобновляемых источников энергии: структура и источники их финансирования / М. В. Дакалов // Экономика и менеджмент систем управления. – 2012. – №4.3(6). – С. 360-368.
2. Дакалов М. В. Нормативно-правовое регулирование использования возобновляемых источников энергии в ЕС / М. В. Дакалов // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – №1(19). – С.58-60.
3. Каныгин П. С. Экономика освоения альтернативных источников энергии (на примере ЕС): монография / П. С. Каныгин. – М. : Русь-Олимп, 2009. – 254 с.
4. Кунгас С. П. Возобновляемые источники энергии: монография / С. П. Кунгас, С. С. Позняк, Л. В. Шенец. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 315 с.
5. Николаев Б. Г. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. Результаты Проекта ТАСІ´ Europe Aid/116951/C/SV/RU / Б. Г. Николаев, С. В. Ганага, Ю. И. Кудряшов. – М. : Изд. «АТМОГРАФ», 2009. – 453 с.
6. Суходоля О. М. Стан і перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні : аналіт. доп. / О. М. Суходоля, А. Ю. Сменковський, А. І. Шевцов, М. Г. Земляний. – К. : НІСД, 2013. – 104 с.
7. Лукутин Б. В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении: монография / Б. В. Лукутин, О. А. Суржикова, Е. Б. Шандарова. – М. : Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.
8. Шевцов А. І. Перспективи енергозабезпечення України в контексті світових тенденцій: монографія / А.І. Шевцов. – Д. : РФ НІСД, 2008. – 208 с.
9. Эденхофер О. Возобновляемые источники энергии и смягчение воздействий на изменение климата / О. Эденхофер. – Потсдам. : Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2011. – 247 с.
10. Financing Renewable Energy in the European Energy Market Available at: : https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011_financing_renewable.pdf

Ivan Klopov, Candidate of Economic Sciences,
Zaporizhia State Engineering Academy, Zaporizhia

PRICE TRENDS RENEWABLE ENERGY SOURCES

Annotation

The constant threat of a crisis with the supply of oil and gas, the risks associated with the development of nuclear power and the concerns of modern society with the environment led to the emergence of a modern energy policy, which aims to ensure that in the next few decades, was formed renewable energy system based on renewable energy sources. In the article the basic components of the practice of economic regulation of the development of renewable sources in developed countries allow further explore the main problems and prospects of renewable energy, as well as create a complete picture of its regulation. The main trends of development and effectiveness of the implementation of renewable energy sources and their perspectives on the basis of technical and economic parameters.

Keywords: alternative energy, energy, renewable, bio-energy, solar energy, geothermal energy, hydropower, electricity.

References:

1. Dakalov, M.V. (2012). EU programs for the development of renewable energy sources: the structure and sources of funding. *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya [Economics and Management Control Systems]*, no. 4.3(6), pp. 360-368 (in Russ.).
2. Dakalov, M.V. (2013). Laws and regulations affecting the use of renewable energy in the EU. *Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: the development]*, no. 19, pp. 58-60 (in Russ.).
3. Kanygin, P.S. (2009). *Ekonomika osvoeniya alternativnykh istochnikov energii (na primere Yes)* [Economy development of alternative energy sources (for example the EU)]. Rus-Olimp, Moskva, 254 p. (in Russ.).
4. Kungas, S.P., Poznjak, S.S., Shenec, L.V. (2009). *Vozobnovlyаемые источники энергии* [Renewable energy]. MGEU A.D.Sakharov, Minsk, 315 p. (in Ukr.).
5. Nikolaev, B.G., Ganaga, S.V., Kudryashov, Yu.I. (2009). *Perspektivy razvitiya vozobnovlyаемых источников энергии v Rossii. Rezultaty Proekta TACIS Europe Aid/116951/C/SV/RU* [Prospects for the development of renewable energy in Russia. results of the Project TACI' Europe Aid/116951/C/SV/RU]. Moskva, 453 p. (in Russ.).
6. Sukhodolja, O.M., Smenkovskij, A.Ju., Shevcov, A.I., Zemljanyj, M.Gh. (2013). *Stan i perspektivy rozvytku vidnovljuvanoji energihetyky v Ukrajinі* [State and prospects of development of renewable energy in Ukraine]. NISD, Kyiv, 104 p. (in Ukr.).
7. Lukutin, B. V. (2008). *Vozobnovlyаемая энергетика v detsentralizovannom elektrosnabzhenii* [Renewable energy in decentralized power supply]. Energoatomizdat, Moskva, 231 p. (in Russ.).
8. Shevcov, A. I., Lukutin, B. V., Surzhikova, O. A., Shandarova, Ye. B. (2008). *Perspektivy energhozabezpechennja Ukrajinі v konteksti svitovykh tendencij* [Prospects of Ukraine in the energy context of global trends]. RF NISD, Dnipropetrovsk, 208 p. (in Ukr.).
9. Edenkhofer, O. (2011). *Vozobnovlyаемые источники энергии i smyagchenie vozdeystviy na izmenenie klimata* [Renewable energy and mitigation of climate change]. Mezhpriatelstvennaya gruppa ekspertov po izmeneniyu klimata, Potsdam, 247 p. (in Russ.).
10. Financing Renewable Energy in the European Energy Market (2011). Available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011_financing_renewable.pdf (Accessed 4 May 2015)

